

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

ANNÉE 1882.

THÈSE

N° 207.

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le 29 juin 1882, à 1 heure,

PAR ÉDOUARD-EUGÈNE-DÉSIRÉ BRANLY,

Né à Amiens, le 23 octobre 1844,
Ancien Élève de l'École Normale supérieure,
Agrége des Sciences physiques, Docteur ès sciences.

DOSAGE DE L'HÉMOGLOBINE DANS LE SANG

PAR

LES PROCÉDÉS OPTIQUES.

Président : M. LABOULBÈNE, professeur.

*Juges : MM. { HARDY, professeur.
 { CHARPENTIER, DEBOVE.*

*Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites
sur les diverses parties de l'enseignement médical.*



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

1882

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

Doyen	M. BÉCLARD.
Professeurs	MM.
Anatomie.....	SAPPEY.
Physiologie.....	BÉCLARD.
Physique médicale.....	GAVARRET.
Chimie organique et Chimie minérale.....	WURTZ.
Histoire naturelle médicale.....	BAILLON.
Pathologie et Thérapeutique générale.....	BOUCHARD.
Pathologie médicale.....	{ JACCOUD.
	{ PETER.
Pathologie chirurgicale.....	{ GUYON.
	{ DUPLAY.
Anatomie pathologique.....	CORNIL.
Histologie.....	ROBIN.
Opérations et appareils.....	LE FORT.
Pharmacologie.....	REGNAULT.
Thérapeutique et matière médicale.....	HAYEM.
Hygiène.....	BOUCHARDAT.
Médecine légale.....	BROUARDEL.
Accouchements, maladies des femmes en couche et des enfants nouveau-nés.....	PAJOT.
Histoire de la Médecine et de la Chirurgie.....	LABOULBÈNE.
Pathologie comparée et expérimentale.....	VULPIAN.
Clinique médicale.....	{ SÉE (G).
	{ LASÈGUE.
	{ HARDY.
	{ POTAIN.
	{ PARROT.
Maladies des enfants.....	
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale.....	BALL.
Clinique des maladies syphilitiques.....	FOURNIER.
Clinique des maladies nerveuses.....	CHARCOT.
Clinique chirurgicale.....	{ RICHEL.
	{ GOSSELIN.
	{ VERNEUIL.
	{ TRÉLAT.
Clinique ophthalmologique.....	PANAS.
Clinique d'accouchements.....	DEPAUL.

DOYENS HONORAIRES : MM. WURTZ et VULPIAN.

Professeurs honoraires :

MM. le baron J. CLOQUET et DUMAS.

Agrégés en exercice.

MM.	MM.	MM.	MM.
BERGER.	GAY.	LEGROUX.	REMY.
BOUILLY.	GRANGER.	MARCHAND.	RENDU.
BOURGOIN.	HALLOPEAU.	MONOD.	RICHEL.
BUDIN.	HENNINGER.	OLLIVIER.	RICHELOT.
CADIAT.	HANRIOT.	PEYROT.	STRAUS.
DEBOVE.	HUMBERT.	PINARD.	TERRILLON.
DIEULAFOY.	LANDOUZY.	POZZI.	TROISIER.
FARABEUF, chef des travaux ana- tomiques.	JOFFROY.	RAYMOND.	
	DE LANESSAN.	RECLUS.	

Secrétaire de la Faculté : CH. PUPIN.

Par délibération en date du 9 décembre 1789, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

DOSAGE

DE

L'HÉMOGLOBINE DANS LE SANG

PAR LES PROCÉDÉS OPTIQUES.

J'ai entrepris par les procédés optiques l'analyse quantitative de quelques liquides organiques colorés. Mes recherches ont porté principalement sur le sang et les solutions d'hémoglobine.

*Caractères optiques du sang et des solutions
d'hémoglobine.*

Le sang est rouge quand on l'observe directement. Au spectroscope, le sang oxygéné et l'oxyhémoglobine offrent deux bandes d'absorption. Ces bandes sont comprises entre les raies D et E; un espace lumineux verdâtre les sépare si la solution n'est pas trop concentrée. Le milieu de cet espace vert correspond aux raies de longueurs d'onde 563 et 558, attribuées à l'acétylène. L'extrémité rouge du spectre est la plus lumineuse. Le vert est transmis au delà de la bande d'absorption la plus réfrangible; mais le bleu et le violet n'apparaissent que si la solution est très diluée.

Quand la solution d'oxyhémoglobine est concentrée, le bleu et le violet disparaissent les premiers, puis l'espace lumineux compris entre les deux bandes d'absorption, puis le vert plus réfrangible que ces bandes, et en dernier lieu le rouge.

Le spectre de l'hémoglobine réduite offre une bande d'absorption unique, qui occupe la place de l'espace lumineux vert compris entre les deux bandes d'absorption du spectre de l'oxyhémoglobine.

La solution d'hémoglobine traitée par l'oxyde de carbone laisse passer plus aisément les rayons bleus que la solution d'hémoglobine oxygénée. Elle présente deux bandes d'absorption, comprises entre les raies D et E, mais plus voisines de E que les bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine.

Pour obtenir l'ensemble des bandes d'absorption de la matière colorante du sang dans toute l'étendue du spectre, j'ai fait à la lumière électrique des épreuves photographiques ⁽¹⁾ superposées du spectre transmis à travers l'eau pure et du spectre transmis à travers une solution étendue de sang ($\frac{1}{200}$ de sang) sous une épaisseur de 0^m,01. On constate ainsi que le spectre de la solution de sang présente deux plages d'absorption principales; l'une est comprise entre les raies D et E de Fraunhofer : c'est la plage à laquelle appartiennent les deux bandes caractéristiques de l'hémoglobine; l'autre commence à la limite du vert et du bleu et s'étend jusqu'au violet. Avec cette concentration de la solution, les couleurs non absorbées sont le rouge, un étroit espace vert intermédiaire aux deux bandes caractéristiques, une large plage verte plus réfrangible que la raie E, et enfin une région violette comprenant la presque totalité du violet transmis par l'eau pure.

Étudié à l'aide des épreuves photographiques, le spectre de l'hémoglobine oxycarbonée offre les mêmes bandes d'absorption que le spectre de l'hémoglobine oxygénée.

(1) Épreuves faites avec des plaques sèches au gélatinobromure d'argent.

DOSAGE DE L'HÉMOGLOBINE PAR LES PROCÉDÉS OPTIQUES.

J'ai d'abord repris tous les procédés anciennement usités et j'ai ensuite eu recours à des méthodes photométriques plus précises.

Plusieurs des procédés employés jusqu'ici pour doser la matière colorante rouge du sang nécessitent l'usage répété de solutions d'oxyhémoglobine pure. Ces solutions, auxquelles on compare les diverses solutions de sang, ne peuvent se conserver que quelques jours au plus. Les procédés qui n'exigent qu'une seule fois l'emploi d'une solution titrée d'oxyhémoglobine pure sont évidemment préférables.

1. — *Dosage de l'hémoglobine par la comparaison de la couleur du sang et de la couleur d'une solution titrée d'hémoglobine.*

La solution d'hémoglobine et la solution de sang sont introduites dans deux cellules en verre à faces parallèles, de même épaisseur, qu'on place sur une feuille de papier blanc. Lorsque l'une des solutions est plus foncée que l'autre, on y ajoute de l'eau, jusqu'à ce qu'on obtienne la même coloration. Des volumes égaux des deux solutions sont supposés contenir alors la même quantité d'hémoglobine. Ce procédé est peu sensible, et on peut faire varier dans des limites assez étendues la quantité d'hémoglobine de l'une des cellules sans que le changement de couleur devienne nettement appréciable. En effet, par suite de la grande quantité de lumière rouge transmise, la variation de l'absorption dans la région verte, où l'intensité lumineuse éprouve l'affaiblissement le plus notable, n'est pas sensible à l'œil.

II. — *Dosage de l'hémoglobine au moyen du spectroscope.*

On observe la région du spectre comprise entre les raies D et E et on s'attache à suivre les variations des bandes d'absorption. Ces bandes appartiennent à une région bien visible du spectre, et elles varient notablement pour un faible accroissement d'épaisseur de la solution employée. L'étude de cette région du spectre doit donc donner des résultats plus précis que l'étude de la lumière totale transmise.

Variation de largeur des bandes d'absorption.

Les deux bandes d'absorption principales s'étendent en largeur quand la quantité de matière colorante contenue dans la solution augmente; si les bords étaient assez nets pour que la variation de largeur pût se mesurer avec précision, on aurait là un moyen précieux de dosage; car une table, dressée une fois pour toutes avec chaque appareil de mesure, indiquerait la quantité d'hémoglobine correspondant à une largeur connue des bandes d'absorption.

J'ai cherché à déterminer le degré de précision que comportait ce procédé; à cet effet, j'ai employé un goniomètre de Brunner. Devant la fente du collimateur était disposée une cuve de 0^m,01 d'épaisseur, destinée à contenir les diverses solutions. La source lumineuse était une lampe Drummond. Parfois les nombres que j'ai obtenus variaient régulièrement, mais souvent aussi des mesures très soigneusement effectuées et avec des prismes de dispersions différentes ne fournissaient que des résultats incertains, à cause de la difficulté avec laquelle les limites des bandes d'absorption peuvent s'apprécier.

Disparition de la bande verte intermédiaire.

Preyer examinait le spectre d'une source lumineuse constante, d'abord après le passage à travers une solution de sang, puis après le passage à travers une solution titrée d'hémoglobine. Il prenait une cuve en verre à faces parallèles, distantes de $0^m,01$, à laquelle on a donné le nom d'hématinomètre; il y introduisait une solution titrée d'hémoglobine et l'étendait d'eau jusqu'à ce qu'il commençât à entrevoir l'espace lumineux vert compris entre les deux bandes obscures caractéristiques. Il introduisait ensuite du sang étendu d'eau dans un hématinomètre semblable, et il y versait, comme précédemment, avec une pipette divisée, assez d'eau distillée pour obtenir aussi l'apparition de l'espace vert. Des volumes égaux de ces deux solutions de sang et d'hémoglobine devaient contenir la même quantité de matière colorante. J'ai essayé ce procédé en ayant recours à diverses sources lumineuses : flamme du gaz, lumière Drummond, lumière solaire. Pour opérer plus rapidement, je faisais usage d'un appareil formé de deux prismes creux mobiles, remplis d'une solution de sang étendue au $\frac{1}{20}$ ou au $\frac{1}{30}$, et dont l'ensemble, pour une position donnée des deux prismes, offrait une épaisseur uniforme à la partie moyenne. Cette partie moyenne était

Fig. 1.



placée devant la fente d'un spectroscope; en faisant varier la position relative des deux prismes, on faisait varier l'épaisseur traversée par la lumière, et il était aisé de faire apparaître, puis disparaître, l'espace vert intermédiaire. Un verre bleu placé sur le trajet des rayons de la source

lumineuse facilitait les observations, en arrêtant les rayons rouges diffusés.

Ce procédé manque d'exactitude; en effet, à cause des variations de sensibilité de l'organe visuel, l'incertitude est très grande, puisqu'on opère successivement sur les deux solutions à comparer. Je n'ai pas pu dépasser d'une façon certaine une précision supérieure à $\frac{1}{10}$.

Mesures calorimétriques.

Pour éviter les inconvénients provenant des variations de sensibilité de l'œil, on peut songer à substituer aux mesures optiques des mesures calorimétriques. Il ne s'agit pas d'examiner la transmission de la chaleur totale à travers une cuve contenant la solution; car on sait que la chaleur lumineuse rouge surpasse en intensité toutes les autres chaleurs lumineuses du spectre, et elle n'est arrêtée qu'en faible proportion par une solution de sang; au contraire, la chaleur du vert est incomparablement moins intense, et c'est sur elle que se produit surtout l'absorption; il en résulte que les variations observées dans la chaleur totale transmise à travers des solutions de richesse très différente en hémoglobine sont insignifiantes. Il s'agit donc de l'examen isolé de la chaleur qui accompagne la lumière dans la région des bandes d'absorption.

On reçoit sur une pile thermo-électrique linéaire la portion du spectre qui comprend les deux bandes d'absorption, et on note la déviation du galvanomètre avant et après l'interposition d'une auge contenant la solution de sang. Il suffit d'observer, une fois pour toutes, les déviations correspondant à des solutions titrées d'hémoglobine; une solution de sang étudiée à une époque quelconque pourra toujours être comparée à ces solutions d'hémoglobine, l'eau servant d'intermédiaire pour évaluer la sensibilité du thermomultiplicateur. Chacune des séries d'observations

doit être faite avec une source calorifique constante. Ici, comme dans les mesures optiques, les solutions employées sont assez diluées pour que les matériaux du sang autres que l'hémoglobine n'exercent qu'une absorption calorifique insignifiante.

Mon thermomultiplicateur n'était pas assez sensible pour accuser la chaleur de la région du jaune vert par des déviations suffisantes; après quelques essais infructueux, j'ai renoncé à l'employer actuellement.

Il convenait de songer aux appareils très délicats basés sur la variation de conductibilité électrique des métaux soumis à l'influence de la chaleur; malheureusement je n'ai pu me procurer ni le microtasimètre d'Edison, ni le bolomètre du professeur Langley, qui ne sont pas construits en France; j'ai fait quelques tentatives pour installer le bolomètre; le temps m'a fait défaut jusqu'ici pour en achever la construction soignée, mais il est certain que cet appareil convient aux mesures d'absorption. Il réunit d'ailleurs les avantages du multiplicateur, qu'il surpasse beaucoup en sensibilité.

Spectrophotomètre à fentes variables de Vierordt.

Avec cet instrument, comme avec le thermomultiplicateur, les déterminations successives sont indépendantes les unes des autres, ce qui permet de n'avoir recours qu'une seule fois à la solution d'hémoglobine.

L'appareil de Vierordt est un spectroscope dans lequel la fente éclairée par la source lumineuse est partagée en deux parties indépendantes superposées; les largeurs de chacune de ces deux parties peuvent être variées au moyen d'une vis micrométrique munie d'un tambour divisé permettant d'apprécier le $\frac{1}{200}$ de millimètre.

La substance absorbante est placée devant la fente supérieure, et on fait varier les largeurs des fentes de telle

façon que la plage étudiée du spectre libre présente le même éclat que la plage correspondante et superposée du spectre affaibli par l'absorption. Si les deux fentes avaient d'abord la largeur 1 et si la fente libre est réduite à 0,3, il est clair que l'intensité de la lumière transmise par la substance absorbante est les 0,3 de la lumière incidente.

Soient s la largeur de la fente libre, s' la largeur de la fente masquée, i l'intensité de la lumière incidente; l'intensité de la lumière transmise sera $i_1 = i \frac{s}{s'}$; or $i_1 = i a^e$, e désignant l'épaisseur de la substance absorbante, a le coefficient d'absorption; il en résulte que $a^e = \frac{s}{s'}$.

Afin qu'on puisse examiner isolément une région restreinte des deux spectres, le plan focal de l'oculaire est occupé par un diaphragme. Les solutions sont introduites dans une cuve dont la moitié inférieure est en verre plein. La fente doit être également éclairée dans toute sa hauteur.

La méthode de Vierordt comporte théoriquement une cause d'erreur. En effet, on compare les intensités en faisant varier les largeurs des deux fentes, et le spectre correspondant à la fente la plus large est moins pur que l'autre. Pratiquement, cette cause d'erreur a peu d'influence si la largeur des deux fentes n'est pas très différente. Vierordt a d'ailleurs reconnu que la largeur initiale des deux fentes pouvait varier dans certaines limites sans que les résultats fussent modifiés. L'appareil de Vierordt est simple; il donne plus de clarté dans le violet et le bleu que les appareils dont la description va suivre. J'en ai fait usage dans des recherches sur la matière colorante de l'urine.

Pour la région du spectre où se produit l'absorption par les solutions d'hémoglobine, le spectrophotomètre de Vierordt est moins précis que les spectrophotomètres à lumière polarisée.

III. — *Méthodes photométriques basées sur l'application des lois de la polarisation de la lumière.*

Ces méthodes photométriques, proposées et employées d'abord par Arago, reposent sur l'observation de l'égalité d'intensité de deux faisceaux polarisés à angle droit.

Deux dispositions principales ont été imaginées : ou bien les deux images polarisées à angle droit sont amenées au contact, ou bien on les fait empiéter l'une sur l'autre, et on reçoit la partie commune sur un polariscope. Les images sont juxtaposées dans la première disposition ; elles sont superposées dans la seconde. Les pièces essentielles des appareils construits dans ces deux systèmes sont les mêmes.

Spectrophotomètre à faisceaux juxtaposés.

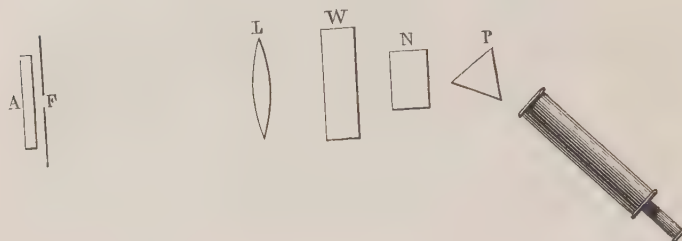
M. Glan a fait usage de cet appareil en analysant la lumière par le prisme.

Description. — Le spectrophotomètre de Glan comprend un spectroscopie, c'est-à-dire un collimateur, un prisme et une lunette ; entre la lentille du collimateur et le prisme sont intercalées les pièces du photomètre : à savoir, un prisme biréfringent, qui est ici un prisme de Wollaston, puis un nicol. Le wollaston donne naissance à deux images ; la rotation du nicol permet d'amener ces deux images à l'égalité d'éclat : le nicol produit donc ici le même effet que la fente variable de Vierordt.

La fente verticale du collimateur est divisée en deux par une bande horizontale de laiton noirci. La lumière qui vient de chaque demi-fente est dédoublée par le prisme de Wollaston ; les deux faisceaux sont polarisés à angle droit. Les deux images de chaque demi-fente sont déviées en sens contraires, et verticalement, car l'angle réfringent

du prisme est horizontal. Dans la partie moyenne de l'image totale, une image f_2 de la fente supérieure est contiguë à une autre f'_1 de la fente inférieure; ces deux images f_2 et f'_1 sont polarisées à angle droit. Les faisceaux traversent le nicol N; f_2 et f'_1 prennent alors un éclat relatif

Fig. 2.



qui dépend de l'angle que la section principale du nicol fait avec la section principale du wollaston W. Au sortir du nicol, les faisceaux tombent sur un prisme P qui les étale en spectres. Les couleurs de même réfrangibilité se correspondent sur une même verticale, car on a eu soin de tourner le wollaston jusqu'à ce que les raies de Fraunhofer fussent en prolongement dans les deux spectres. Ces spectres sont observés avec une lunette astronomique. Dans le plan focal de l'oculaire sont disposées deux plaques noircies, formant un diaphragme et mobiles l'une par rapport à l'autre dans une rainure. On ne voit que les deux spectres utiles provenant de f_2 et f'_1 et seulement une région déterminée dans chacun d'eux.

Calcul. — J'appelle I les intensités égales des deux faisceaux qui traversent les deux demi-fentes, a et a' les coefficients d'affaiblissement relatifs aux absorptions et aux réflexions par les pièces de l'appareil, a se rapportant à la lumière polarisée dans un azimut principal, a' à la lumière polarisée dans l'azimut perpendiculaire. Quand le

nicol occupe une position telle que deux spectres contigus ont le même éclat, on a

$$I a \sin^2 \alpha = I a' \cos^2 \alpha.$$

α est l'angle de rotation du nicol (égal ou supérieur à 45°), compté à partir de la position du nicol pour laquelle l'un des deux spectres d'une demi-fente est éteint.

En plaçant une substance absorbante devant l'une des fentes, l'éclat de la lumière qui en émane est diminué et devient I_1 ; pour rétablir l'égalité d'éclat, il faut donner au nicol une nouvelle position; α' est le nouvel angle, supérieur à 45° .

Il en résulte l'équation

$$I_1 a \sin^2 \alpha' = I a' \cos^2 \alpha'.$$

Des deux équations précédentes on déduit

$$\frac{I_1}{I} = \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \alpha'}.$$

Comme les deux demi-fentes sont également éclairées, les observations peuvent n'être pas consécutives; on a, en effet,

$$\begin{aligned} \lambda I a \sin^2 \alpha &= \lambda I a' \cos^2 \alpha, \\ \mu I_1 a \sin^2 \alpha' &= \mu I a' \cos^2 \alpha', \end{aligned}$$

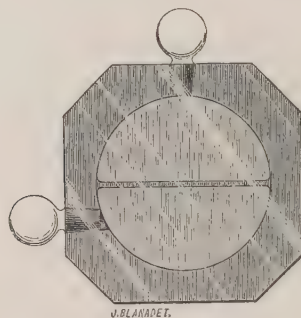
λI représentant l'intensité de la lumière qui tombe sur chacune des demi-fentes dans la première expérience, μI l'intensité de la lumière qui tombe sur chacune des demi-fentes dans la deuxième expérience. On aura donc encore

$$\frac{I_1}{I} = \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \alpha'}.$$

Dans mes mesures, la fente du collimateur avait une hauteur de 7^{mm} ; la source lumineuse était la lampe Drummond; j'élevais ou j'abaissais le bâton de chaux de façon

à obtenir un égal éclairement des deux demi-fentes. Je faisais usage d'une auge à faces parallèles, divisée en deux compartiments par une cloison horizontale (fig. 3) qui

Fig. 3.



remplaçait la bande de laiton noirci de l'appareil de Glan.

On détermine le rapport $\frac{a'}{a} = \tan^2 \alpha$ en dirigeant le photomètre vers un écran uniformément éclairé et en amenant les deux spectres au même éclat. J'obtenais ainsi très sensiblement $\alpha = 45^\circ$, et par conséquent $a = a'$. La seconde équation devient alors simplement

$$\frac{I_1}{I} = \cot^2 \alpha',$$

et, en admettant la loi d'absorption $I_1 = I a^e$, on aurait

$$a^e = \cot^2 \alpha'.$$

(e désigne l'épaisseur de la surface absorbante).

Sensibilité. — La sensibilité du photomètre dépend de la précision avec laquelle on peut décider si deux surfaces sont également éclairées ; les différences d'éclat se reconnaissent le mieux quand les surfaces se touchent ; alors, dans le cas de l'égalité, on ne distingue aucune ligne de séparation. Dans cet appareil, le contact ne peut avoir lieu que pour une région restreinte du spectre, à cause de la

différence des dispersions ordinaire et extraordinaire dues au wollaston. S'il y a entre les deux spectres un espace obscur ou s'ils empiètent l'un sur l'autre, on approche ou on éloigne la fente de la lentille du collimateur jusqu'à ce qu'il y ait contact pour la plage que l'on observe. Le prisme de Wollaston ayant un angle de dédoublement constant, sa distance à l'image réelle fournie par l'objectif détermine l'écartement des deux images.

Si le nicol était placé en avant du wollaston, les deux faisceaux polarisés à angle droit issus du wollaston tomberaient sur le prisme du spectroscopie sous une incidence oblique et seraient inégalement affaiblis par la réflexion. Le nicol doit donc suivre le wollaston, afin que les rayons qui tombent sur le prisme soient tous polarisés dans le même plan et également altérés par le prisme. De même le nicol doit avoir sa face d'entrée normale.

Photomètres à faisceaux superposés.

L'égalité des deux faisceaux polarisés à angle droit est aisée à constater quand les deux faisceaux sont en partie superposés; il suffit alors d'examiner la partie commune avec un polariscopie. M. Jamin et M. Wild ont employé comme polariscopie le biquartz de Savart associé à un nicol.

On peut adopter une disposition semblable. L'appareil comprend alors un collimateur (dans lequel la fente est remplacée par une ouverture carrée), un nicol, un wollaston et une lunette munie du polariscopie de Savart. Devant l'ouverture carrée que l'on vise avec la lunette est placée la cuve cloisonnée déjà décrite. On introduit la même solution colorée dans les deux compartiments de la cuve cloisonnée et on oriente la section principale du nicol à 45° de celle du wollaston. Il sort du wollaston quatre faisceaux égaux, dont deux polarisés à angle droit sont superposés (pour un angle de dédoublement conven-

blement choisi); les franges de Savart n'apparaissent pas dans cette partie commune: on les voit au contraire apparaître quand les solutions introduites dans les deux compartiments sont différentes. On les fait alors disparaître en tournant le nicol. Pour opérer avec une solution de sang, on placera sur le trajet des rayons un verre bleu destiné à arrêter les rayons rouges.

Spectrophotomètre à faisceaux superposés.

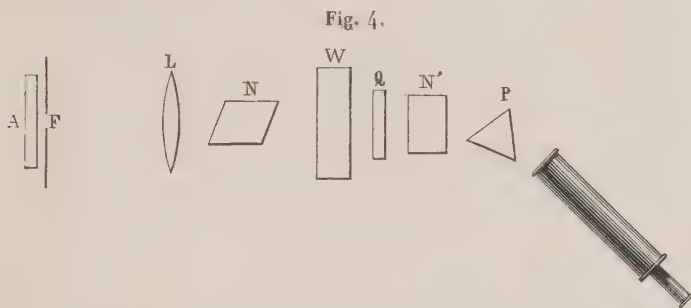
Les mesures deviennent beaucoup plus précises quand on décompose les faisceaux par un prisme. M. Trannin et M. Violle ont employé des appareils de ce genre; j'en ai fait usage dans la plupart de mes mesures. Comme il s'agit d'observer le spectre, on peut prendre pour polariscope soit un biquartz Savart, soit l'une des lames de ce biquartz, soit une lame de quartz taillée parallèlement à l'axe (franges de Fizeau et Foucault); un nicol, qui complète le polariscope, est placé derrière la lame parallèle à l'axe.

Description. — Mon spectrophotomètre était composé de pièces indépendantes les unes des autres, supportées par des pieds à mouvement qui pouvaient glisser sur un banc d'optique ⁽¹⁾. (*Voir* la planche.)

La source lumineuse était une lampe Drummond, placée dans une lanterne de projection. Un jet de gaz d'éclairage et un jet d'oxygène étaient dirigés sur un prisme de chaux (ou mieux de magnésie) à faces planes; on retournait le bâton de chaux toutes les heures, car, dès qu'il avait commencé à se creuser, l'éclairement cessait d'être égal sur toute la hauteur de la fente. La pression du gaz et celle de l'oxygène étaient maintenues constantes par un aide (pression de l'oxygène égale à 0^m,50 d'eau). Les rayons parallèles transmis par la lentille de la lanterne

(¹) L'appareil entier a été construit, sur mes indications, par M. Lutz.

tombaient sur une fente verticale dont l'un des bords pouvait être déplacé au moyen d'une vis de très petit pas; cette fente était limitée dans sa hauteur à 7^{mm}. On pouvait lui attribuer une largeur variable, suivant la région du spectre que l'on étudiait spécialement; très fine pour l'étude de la région jaune et de la région verte, elle était rendue plus large pour l'observation du bleu et du violet. A 0^m,50 de la fente était placée la lentille du collimateur; puis, en avant du prisme et de la lunette qui complétaient le spectroscope, étaient intercalées les pièces essentielles du photomètre : un nicol N centré dans une bonnette cylindrique et muni d'une division en degrés qui mesurait sa rotation, un wollaston W à arête réfringente horizontale, un polariscope formé d'une lame de quartz de 6^{mm}, parallèle à l'axe, et d'un nicol à faces normales (*fig. 4*).



L'auge cloisonnée était placée devant la fente; le wollaston donnait deux images de chacune des moitiés de la fente; son dédoublement était tel que l'image ordinaire de l'une des demi-fentes et l'image extraordinaire de l'autre demi-fente se superposaient en partie. Ces deux images superposées, polarisées à angle droit, tombaient sur le polariscope.

Le passage des quatre faisceaux à travers le prisme donnait quatre spectres cannelés dont deux se recouvraient

partiellement; dans ces deux derniers spectres les franges alternaient; elles disparaissaient dans une des plages de la partie commune, lorsque l'égalité d'intensité était obtenue pour cette plage.

Quand les deux compartiments de la cuve cloisonnée renferment la même solution colorée, les franges disparaissent dans toute l'étendue de la partie commune aux deux spectres, si l'on supprime le nicol antérieur; si le nicol est placé, sa section principale doit être orientée à 45° de la section principale du wollaston ($a = a'$). Introduisons des solutions différentes dans les deux compartiments: aussitôt les franges apparaissent; mais, par une rotation convenable du nicol antérieur, on les fait disparaître dans telle ou telle région du spectre.

On introduit de l'eau dans le compartiment inférieur de la cuve et la solution colorée dans le compartiment supérieur. Les franges apparaissent dans toute l'étendue du spectre commun. On tourne le nicol antérieur d'un angle α' , et les franges s'évanouissent dans une région limitée du spectre.

Calcul. — Le calcul est le même que pour le spectrophotomètre de Glan :

$$I_1 = I' \cot^2 \alpha'$$

(I_1 , intensité de la lumière transmise à travers la solution dans cette partie du spectre; I' , intensité transmise à travers l'eau).

Il faut un angle de rotation α'' pour faire disparaître les franges dans une autre région; ce qui donne

$$I_2 = I'' \cot^2 \alpha''$$

(I_2 , intensité de la lumière transmise à travers la solution dans cette autre région du spectre; I'' , intensité transmise à travers l'eau).

De là, en admettant la loi d'absorption, on écrira

$$a_1^e = \cot^2 \alpha', \quad a_2^e = \cot^2 \alpha''.$$

e représente l'épaisseur de la solution; a_1, a_2 sont les coefficients d'absorption dans les deux régions du spectre où l'on a successivement fait disparaître les franges.

Sensibilité. — La supériorité du spectroscope à faisceaux superposés tient à ce qu'il fournit pour l'angle de rotation du nicol deux limites entre lesquelles cet angle est nécessairement compris. Avant que les franges aient disparu dans la partie commune, elles sont en prolongement des franges de l'un des deux spectres partiellement superposés; quand, après avoir disparu, elles réapparaissent à la suite d'une rotation trop forte du nicol, elles se trouvent en prolongement des franges du second spectre. Il y avait alors dans la partie commune excès de lumière, dû, pour le premier cas, à la lumière transmise par l'un des compartiments de la cuve, et, pour le deuxième cas, à la lumière transmise par l'autre compartiment. La position qu'il fallait donner au nicol pour produire l'effacement des franges était comprise entre les deux positions correspondant à une faible apparition des deux systèmes de franges dans la partie commune.

Réglage. — Pour régler l'appareil, on commence par supprimer le nicol antérieur; on éclaire la fente avec la flamme d'un bec Bunsen chargée de sel marin, et on tourne le wollaston de manière à amener en prolongement les raies D des deux spectres de la fente; on éclaire alors de nouveau avec la lampe Drummond, et on oriente le quartz et le nicol du polariscope de façon à obtenir des franges ayant le maximum d'éclat (quartz à 45°); on met ces franges au point avec la lunette. Une vis tangente qui commande les mouvements lents du wollaston donne le moyen de le faire tourner très légèrement, afin de produire l'entier effacement des franges dans la partie com-

mune des deux spectres. Si les franges ne disparaissent pas, cela tient à ce que la fente n'est pas également éclairée dans toute sa hauteur. En faisant mouvoir verticalement la source lumineuse, on obtient la disparition complète. C'est alors seulement que l'on place le nicol antérieur, et, si on le tourne pour obtenir de nouveau la disparition des franges, on voit que sa section principale doit être à 45° de celle du wollaston.

Le zéro du nicol, c'est-à-dire la direction à partir de laquelle les angles de rotation doivent être comptés, s'obtient en éteignant l'un des spectres ou plutôt en visant directement la fente fortement éclairée; on tourne le nicol de façon à éteindre l'une des images. Les quatre positions d'extinction sont à 90° l'une de l'autre; il en est de même des quatre positions du nicol qui correspondent à la disparition des franges dans la partie commune. Avant d'opérer, on doit s'assurer que ces conditions sont remplies.

Pour chaque mesure, l'angle cherché peut se déduire de quatre lectures; les positions du repère entraîné par le nicol sont sur les extrémités de deux des diamètres de la circonférence graduée. Les angles α' , α'' obtenus dans la comparaison avec l'eau sont supérieurs à 45° .

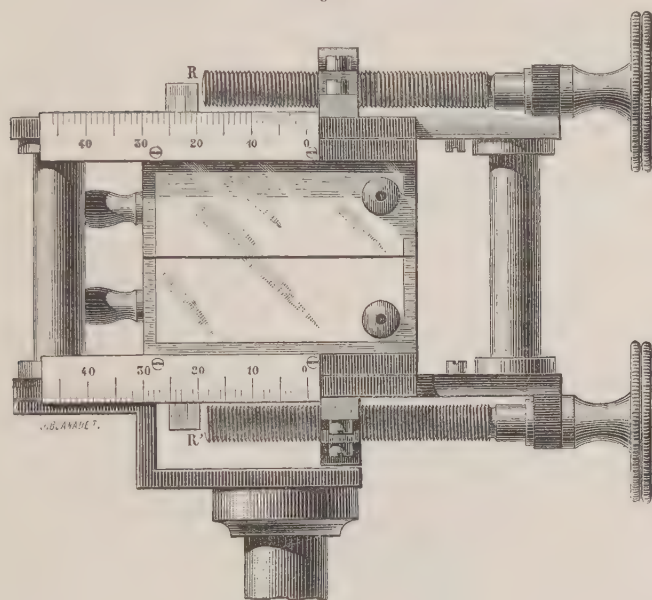
Généralement les solutions de sang que j'ai examinées contenaient 1^{cc} de sang pour 200 de solution. 1^{cc} de sang défilé ou même un volume moindre était donc suffisant.

Compensateur à cuves prismatiques.

Dans un certain nombre d'expériences, au lieu d'employer la cuve à deux compartiments et de faire varier au moyen d'un nicol les proportions de lumière qui doivent former les deux images polarisées à angle droit fournies par le wollaston, j'ai placé devant la fente un appareil composé de deux cuves prismatiques, à angle très

aigu, superposées, et dont l'arête réfringente est verticale. Chacune des deux cuves est achromatisée par un prisme de verre qui forme une des faces principales. Les deux cuves

Fig. 5.



peuvent être déplacées isolément dans le sens horizontal, par une vis micrométrique qui entraîne dans son mouvement une graduation en millimètres dont les divisions viennent se placer en face d'un repère fixe. Quand les zéros des deux graduations sont en face des repères, les épaisseurs des deux couches liquides contenues dans les cuves sont égales sur une ligne verticale quelconque, et par conséquent sur celle qui correspond à la fente du collimateur.

Soient les deux repères en face des zéros : si les deux cuves sont remplies de liquides inégalement colorés, la quantité de lumière qui traversera des épaisseurs égales des deux solutions sera différente, et il faudra déplacer

l'une des cuves pour obtenir l'égalité de lumière transmise par les deux parties de la fente. Si les substances colorantes des deux spectres sont distinctes, on ne pourra ainsi faire disparaître les franges que dans une région du spectre commun. Si, au contraire, les substances colorantes sont identiques, les franges disparaîtront dans toute l'étendue du spectre.

Quand on fait usage de cet appareil à cuves prismatiques, on supprime le nicol qui précède le wollaston.

L'épaisseur du liquide traversé en chacun des points d'une des cuves prismatiques se déduit d'un calcul effectué d'après les dimensions de la cuve. Chaque division correspond à une variation d'épaisseur égale à $0^{\text{mm}},184$. On commence par amener devant la fente une épaisseur connue correspondant à un trait marqué sur la cuve supérieure : cette épaisseur a $2^{\text{mm}},44$; elle est la même pour les deux cuves lorsque les zéros des graduations se trouvent en face des repères. On déplace ensuite l'une des cuves de n divisions pour faire disparaître les franges. Alors l'épaisseur $2,44$ pour l'un des liquides et l'épaisseur $2,44 + n \times 0,184$ pour l'autre sont des épaisseurs équivalentes ou produisant la même absorption. Les quantités de matière colorante contenues dans un même volume de liquide sont en raison inverse des épaisseurs équivalentes.

J'introduis ordinairement dans les cuves des solutions de sang variant de $\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{20}$ de concentration (1^{cc} de sang dans 40^{cc} ou 20^{cc} de solution). 20^{cc} suffisaient pour effectuer le remplissage des deux cuves, de façon qu'on pouvait opérer avec 1^{cc} de sang défibriné.

MESURES.

Toutes les mesures dans lesquelles l'appareil employé n'est pas mentionné ont été effectuées avec le spectrophotomètre à faisceaux superposés décrit plus haut.

Vérification de la loi d'absorption pour les solutions d'hémoglobine.

La loi d'absorption pour un liquide coloré est bien connue; elle est donnée par la formule $I_1 = I a^e$.

a est le coefficient d'absorption, inférieur à l'unité, variable avec la couleur;

e est l'épaisseur du liquide.

J'ai vérifié cette loi, dans le cas actuel, en employant deux cuves cloisonnées, l'une de 0^m,010 d'épaisseur, l'autre de 0^m,022. Dans les cavités inférieures, on met de l'eau; dans les cavités supérieures, on introduit une même solution d'hémoglobine.

Désignons par α l'angle de rotation du nicol auquel correspond l'extinction des franges dans une région du spectre, quand on emploie la cuve de 0^m,010, par α' l'angle de rotation correspondant à l'extinction dans la même région, quand on emploie la cuve de 0^m,022.

On doit avoir

$$a^{10} = \cot^2 \alpha, \quad a^{22} = \cot^2 \alpha',$$

d'où

$$10 \log a = 2 \log \cot \alpha,$$

$$22 \log a = 2 \log \cot \alpha',$$

et

$$\frac{10}{22} = \frac{\log \cot \alpha}{\log \cot \alpha'}.$$

Pour une autre couleur, on aura

$$a_1^{10} = \cot^2 \alpha_1, \quad a_1^{22} = \cot^2 \alpha'_1,$$

et

$$\frac{10}{22} = \frac{\log \cot \alpha_1}{\log \cot \alpha'_1}.$$

J'ai fréquemment vérifié ces égalités pour les solutions de sang et d'hémoglobine.

*Proportionnalité entre l'absorption et la quantité
de matière dissoute.*

La loi de l'absorption admise, il s'agissait de vérifier si, pour la matière colorante du sang, il y a proportionnalité entre l'absorption et la quantité de matière dissoute dans un même volume de liquide. En d'autres termes, pour le même poids de substance active, l'absorption est-elle la même avec des solutions étendues ou concentrées?

Le sang est certainement un des liquides avec lesquels les mesures offrent le plus de précision, car les bandes d'absorption sont bien visibles et la variation d'intensité y est rapide.

La vérification se fait également bien avec l'appareil aux deux cuves prismatiques et avec la cuve cloisonnée.

Vérification avec l'appareil aux deux cuves prismatiques. — Sang de bœuf. 1^o solution à $\frac{1}{20}$ dans la cuve inférieure, et solution à $\frac{1}{40}$ dans la cuve supérieure.

En haut, l'épaisseur 2,44 est en face de la fente, en bas il a fallu déplacer la division de 13,25; il en résulte qu'en bas l'épaisseur de liquide traversée est

$$2,44 + 13,25 \times 0,184 = 2,44 + 2,44;$$

elle est double de l'épaisseur traversée en haut, résultat conforme à la loi de proportionnalité.

2^o Solution à $\frac{1}{20}$ en haut; épaisseur, 2,44. — Solution à $\frac{1}{40}$ en bas. Il a fallu déplacer la division de 13,5; l'épaisseur est $2,44 + 13,5 \times 0,184 = 4,92$; or 4,92 est très voisin de 4,88.

Lorsqu'on opère avec les cuves prismatiques, les franges, au moment de la lecture, ont disparu dans toute l'étendue de la partie commune aux deux spectres.

Vérification avec la cuve cloisonnée. — Sang de chien.

Eau dans le compartiment inférieur; solution au $\frac{1}{200}$ dans le compartiment supérieur.

α est l'angle dont le nicol doit être tourné pour éteindre les franges dans la bande noire la plus large.

Eau dans le compartiment inférieur; solution au $\frac{1}{400}$ dans le compartiment supérieur.

α' est l'angle de rotation du nicol pour la bande noire la plus large.

Appliquons à ces deux solutions la loi de l'absorption; nous aurons

$$a^e = \cot^2 \alpha \quad \text{et} \quad a^{e'} = \cot^2 \alpha'.$$

Je trouve dans une expérience prise au hasard

$$\frac{e'}{e} = 0,51,$$

0,51 au lieu de 0,50.

La vérification peut être regardée comme suffisante, car la précision de $\frac{1}{50}$ est celle sur laquelle on peut compter dans les mesures faites avec le spectrophotomètre à spectres superposés.

Identité de la matière colorante dans les divers sangs et hémoglobines.

Avant d'effectuer les dosages de l'hémoglobine dans le sang, il fallait voir si les diverses hémoglobines et les divers sangs renferment bien la même matière colorante. On sait que les deux bandes d'absorption présentent toujours le même aspect, mais on n'ignore pas, d'un autre côté, que les diverses espèces d'hémoglobine ont été obtenues cristallisées sous des formes différentes. Par suite, on a pu douter qu'il fût permis de comparer le sang humain, par exemple, à l'hémoglobine de chien.

J'ai constaté que l'absorption était la même dans toute

l'étendue du spectre et qu'une solution d'un sang quelconque peut être remplacée par une épaisseur équivalente d'un autre sang.

Pour le vérifier, il est commode d'introduire deux sangs différents étendus au $\frac{4}{20}$ ou au $\frac{4}{40}$ dans les deux cuves prismatiques; on parvient à faire disparaître les franges dans la partie commune des deux spectres, par un déplacement convenable de l'une des cuves, et elles disparaissent dans toutes les couleurs à la fois.

J'ai opéré avec les hémoglobines et sangs suivants :

Sang humain sain et à plusieurs états pathologiques,
 Sang de bœuf,
 Sang de chien,
 Hémoglobine de chien,
 Sang de cheval,
 Hémoglobine de cheval,
 Sang de coq,
 Sang de carpe.

Si l'on veut vérifier la même identité avec la cuve cloisonnée, il faut faire une mesure spéciale et un nouveau calcul pour chaque région du spectre.

Dans une couleur particulière, on a pour deux sangs examinés successivement: $a^e = \cot^2 \alpha$, $a^{e'} = \cot^2 \alpha'$; on en déduit $\frac{e}{e'}$.

Pour une autre couleur, on aura $a_1^e = \cot^2 \alpha_1$, $a_1^{e'} = \cot^2 \alpha'_1$; le rapport $\frac{e}{e'}$ est le même que le précédent.

Il était donc légitime de prendre le même coefficient a comme coefficient d'absorption des deux sangs examinés successivement pour la première couleur et le même coefficient a_1 pour la seconde couleur.

Évaluation de la richesse d'un sang en hémoglobine cristallisée pure.

Il est dès lors permis d'évaluer la richesse d'un sang en matière colorante d'après sa comparaison avec une solution titrée d'une hémoglobine préparée pure. J'ai rapporté toutes mes déterminations à une solution titrée d'une hémoglobine de chien que je devais à l'obligeance de M. le Dr Quinquaud.

Pour cette solution d'hémoglobine, d'après M. Quinquaud, 10^{cc} renfermaient 0^{gr},085 d'hémoglobine cristallisée pure.

La solution titrée d'hémoglobine étendue au $\frac{1}{20}$ et contenue dans le compartiment supérieur de la cuve cloisonnée de 0^m,010 d'épaisseur donnait, dans la bande noire d'absorption contiguë au vert, une absorption telle qu'il fallait tourner le nicol de 60° pour établir l'égalité avec la partie correspondante du spectre provenant de la transmission à travers l'eau pure.

D'autre part, une solution au $\frac{1}{200}$ du sang d'un chien introduite dans le même compartiment supérieur de la cuve de 0^m,10 exigeait pour le même effet une rotation du nicol de 68°54'.

Représentons par ε et e les épaisseurs des couches de matière colorante, de même concentration, qui produiraient les absorptions observées, ε se rapportant à la solution d'hémoglobine, e au sang de chien.

On a

$$a^{\varepsilon} = \cot^2 60^{\circ},$$

$$a^e = \cot^2 68^{\circ}54',$$

a étant le coefficient d'absorption pour la région de la bande noire de la masse colorante commune aux deux solutions.

On déduit de là

$$\frac{e}{z} = \frac{\log \cot 68^{\circ}54'}{\log \cot 60^{\circ}} = \frac{0,41356}{0,23856} = 1,73.$$

Si le sang de chien avait été étendu au $\frac{1}{20}$, comme la solution d'hémoglobine, au lieu de l'être au $\frac{1}{200}$, il aurait produit l'effet d'une couche ayant une épaisseur égale à $0^m,10$ ou égale à $17,3\varepsilon$. A volume égal, il contient donc $17,3$ fois autant de matière colorante que la solution d'hémoglobine.

Cesang contenait donc pour 10^{cc} de sang $8^{\text{egr}},5 \times 1^{\text{egr}},73$ d'hémoglobine cristallisée pure ou $1^{\text{gr}},47$, soit 147^{gr} par litre.

Pour des mesures faites avec des solutions au $\frac{1}{200}$, on formera $\frac{e}{z} = \frac{\log \cot \alpha}{\log \cot 60^{\circ}}$, et on multipliera le quotient obtenu par $10 \times 8,5$ ou 85 ; on aura la richesse en centigrammes par 10^{cc} de sang.

Durée de conservation du sang.

La coloration du sang s'altérant parfois assez rapidement, nous devons chercher à être fixés sur la rapidité avec laquelle les mesures optiques doivent être conduites, à partir du moment où le sang a été extrait de l'artère ou de la veine.

Par un temps froid, lorsque la température est peu supérieure à 0° , j'ai pu conserver du sang sans altération notable pendant cinq ou six jours; ce sang était renfermé dans un flacon et laissé au dehors. Pour l'examiner, je formais chaque fois une nouvelle solution; j'étendais d'eau 5^{cc} de ce sang, de façon à former 1^{lit} de solution.

Sang de chien examiné du 29 janvier au 3 février.

Angles de rotation du nicol.		
Espace intermédiaire. Large bande noire.		
29 janvier	54.30	59
2 février.....	54.36	59.24
3 février.....	54.48	59.42

Hémoglobine de cheval très étendue.

Angles de rotation du nicol.		
Espace intermédiaire. Large bande noire.		
30 janvier.....	56.36	61.42
31 janvier.....	56.18	61.42

Les solutions ont pu être gelées, puis dégelées sans présenter de variations notables. A la température d'un laboratoire, vers 15°, je pouvais compter, pour les solutions au $\frac{1}{200}$, sur une conservation de près de dix heures. En examinant des solutions de sang de bœuf de deux heures en deux heures, je n'ai pas reconnu de variation supérieure aux erreurs d'observation, mais le lendemain, à vingt-quatre heures d'intervalle, je constatais généralement une altération sensible. Par des temps très chauds, par exemple en août 1881, le changement de couleur se produisait en deux ou trois heures.

Quand il y a altération, l'absorption augmente d'ordinaire dans l'espace intermédiaire et diminue dans les bandes noires. En tout cas, c'est l'absorption dans la région des bandes noires qui se maintient le plus longtemps constante; comme c'est là d'ailleurs que la variation d'absorption est la plus forte pour un faible changement d'épaisseur et la précision la plus grande, c'est dans ces bandes noires que j'ai toujours fait disparaître les franges.

Le coefficient d'absorption est le même pour les deux bandes noires, mais c'est dans la bande la plus large, c'est-à-dire dans celle qui confine au vert, que la recherche des franges était la plus commode, étant donnée la dispersion du prisme de mon appareil; c'est donc relativement à cette bande noire que je formais les rapports $\frac{\varepsilon}{\varepsilon}$. Rappelons que ces rapports étaient trouvés identiques quand on les déterminait pour d'autres régions du spectre.

On est tenu d'effectuer les mesures optiques dans les limites de temps que je viens d'indiquer d'une façon approchée. Afin de pouvoir comparer des sangs de diverses provenances, recueillis à des époques variables, j'ai essayé de donner à la matière colorante un nouvel état où elle se conservât sans altération.

Le sang traité par l'oxyde de carbone serait-il moins altérable? J'ai opéré sur des solutions étendues, par exemple sur une solution de sang de chien au $\frac{1}{200}$. Une telle solution présente sensiblement la même absorption dans la bande noire oxycarbonée ou non oxycarbonée; l'espace intermédiaire est un peu plus clair dans la solution oxycarbonée.

	Angles de rotation du nicol.	
	Espace intermédiaire.	Bande noire.
Solution oxycarbonée.....	57.42	59.42
Solution non oxycarbonée.....	55.24	60.12

Résultats analogues avec une solution d'hémoglobine de cheval.

L'altération se produit à peu près aussi vite pour la solution oxycarbonée et la solution non oxycarbonée; ici encore l'absorption dans la bande noire diminue lentement, tandis qu'elle augmente plus rapidement dans la bande verte intermédiaire.

Pour conserver à la matière colorante un état inva-

riable, j'ai essayé de traiter le sang par différents réactifs, tels que l'ammoniaque et la soude. Les résultats que j'ai obtenus jusqu'ici ne sont pas suffisamment concluants.

*Variations de l'hémoglobine à la suite
des hémorrhagies.*

Mes opérations ont porté sur des chiens. A l'entrée de l'animal au laboratoire, je lui sectionnais les nerfs récurrents, et, quelques minutes après, je lui faisais une prise de sang de 5^{cc} environ à l'artère crurale. L'examen de ce sang me faisait connaître la quantité d'hémoglobine par unité de volume du sang chez l'animal sain; cette quantité est assez variable pour chaque animal de même espèce, mais reste fixe pour chacun d'eux à l'état normal.

Le chien refusait tout aliment pendant un jour, puis son abatement cessait; il mangeait et ses plaies se cicatrisaient. Quatre ou cinq jours après l'opération, la quantité d'hémoglobine était la même qu'au début.

Il était indifférent de prendre du sang à l'artère crurale ou à la veine crurale : l'absorption restait la même.

Dans une hémorrhagie non interrompue, il n'y a pas de différence entre le sang du début de l'hémorrhagie et le sang de la fin.

Ainsi, dans une hémorrhagie de 400^{cc}, les 10 premiers centimètres cubes ont donné un angle du nicol égal à 57°36'; les 10 derniers, un angle de 57°30'.

Calculons les quantités de matière colorante d'après la comparaison avec la solution titrée d'hémoglobine.

$$\begin{aligned}\frac{e}{\varepsilon} &= \frac{\log \cot 57^{\circ} 36'}{\log \cot 60^{\circ}} = \frac{0,19749}{0,23856} = 0,83, \\ \frac{e'}{\varepsilon} &= \frac{\log \cot 57^{\circ} 30'}{\log \cot 60^{\circ}} = \frac{0,19581}{0,23856} = 0,82, \\ 0,83 \times 85 &= 70,55, \\ 0,82 \times 85 &= 69,70.\end{aligned}$$

Les poids d'hémoglobine contenus dans 10^{cc} de sang seront 0^{gr},7055 et 0^{gr},6970. Soit pour 1^{lit}, 70^{gr},55 et 69^{gr},70.

Si le sang est extrait à plusieurs reprises, l'artère étant fermée dans les intervalles à l'aide d'une pince à artères, il y a dilution du sang dans l'intervalle des prises.

Ainsi, chez un jeune chien terrier de 10^{kg}, j'ai extrait, le 9 mai, 250^{cc} à 4^h.

Angle de rotation.....	67° 24'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	159 ^{gr}

J'ai extrait 50^{cc} à 5^h.

Angle de rotation.....	64° 24'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	134 ^{gr}

La dilution s'accroît dans les jours qui suivent.

Chez un chien barbet de 16^{kg}, j'ai extrait 350^{cc} de sang, à 2^h, le 9 mai.

Angle de rotation du nicol.....	68° 6'
Quantité correspondante.....	166 ^{gr}

puis 50^{cc} à 3^h.

Angle de rotation.....	66°
Quantité correspondante.....	147 ^{gr}

Le 12 mai, nouvelle prise.

Rotation.....	62° 6'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	115 ^{gr}

La régénération se fait lentement; chez un chien vigoureux, elle a mis plus d'une semaine après une prise égale au $\frac{1}{100}$ de son poids.

24 mai, chien pesant 20^{kg}. Hémorrhagie de 200^{cc}.

Rotation du nicol.....	69°
Poids correspondant d'hémoglobine.....	170 ^{gr}

3 juin, prise d'essai.

Rotation du nicol.....	67° 36'
Quantité correspondante.....	161 ^{gr}

Le rétablissement n'était donc pas encore complet au bout de dix jours.

Variations de l'hémoglobine à la suite d'une injection d'eau dans les veines.

Voici le détail d'une observation relative à un chien terrier pesant 11^{kg}.

13 juin. — Prise de sang de 5^{cc} à l'artère crurale, servant à déterminer la quantité normale d'hémoglobine.

Rotation du nicol.....	66° 30'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	128 ^{gr} , 35

14 juin. — Injection par la veine crurale de 195^{cc} d'eau distillée à la température de 33°.

Une demi-heure plus tard, une prise d'essai est faite à l'artère crurale :

Rotation du nicol.....	66°
Poids correspondant d'hémoglobine.....	124 ^{gr} , 95

Deux heures et demie après l'injection, nouvelle prise d'essai :

Rotation du nicol.....	68°
Poids correspondant d'hémoglobine.....	140 ^{gr} , 25

15 juin. — Vingt-deux heures après l'injection d'eau, nouvelle prise d'essai :

Rotation du nicol.....	64° 36'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	115 ^{gr} , 60

Les mêmes variations ont été trouvées sur le sang d'un chien étudié, le 4 avril, avant et après une injection d'eau

ces dosages sont d'accord avec les essais calorimétriques directs de M. Quinquaud ⁽¹⁾.

Variations de l'hémoglobine après une section complète de la moelle au-dessous de la septième vertèbre cervicale.

Première observation. — Chien pesant 25^{kg}.

Dosage de l'hémoglobine normale, avant la section de la moelle :

Rotation du nicol.....	65°
Poids correspondant d'hémoglobine.....	118 ^{gr} , 15

Dosage de l'hémoglobine, vingt-quatre heures après la section de la moelle :

Rotation du nicol.....	62° 24'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	100 ^{gr} , 30.

Seconde observation. — Chien pesant 16^{kg}.

Dosage de l'hémoglobine normale, avant la section de la moelle :

Rotation du nicol.....	67° 36
Poids correspondant d'hémoglobine.....	136 ^{gr} , 85

Dosage de l'hémoglobine, vingt-six heures après la section :

Rotation du nicol.....	65° 42'
Poids correspondant d'hémoglobine.....	123 ^{gr} , 25

Vingt-quatre heures après la section, la température rectale était seulement de 23°.

Dans le cas de la section complète de la moelle, la diminution de l'hémoglobine coïncide avec une diminution des phénomènes physico-chimiques de la nutrition observée par MM. Gréhant et Quinquaud.

⁽¹⁾ Voir, pour les détails, les *Archives de Médecine*, numéro de juillet 1882.

Variations de l'hémoglobine chez l'homme dans divers cas pathologiques ⁽¹⁾.

J'ai effectué, pendant l'année 1882, un certain nombre de déterminations de la quantité d'hémoglobine contenue dans le sang, dans divers cas pathologiques; comme je ne me propose pas de reprendre ici cette étude, je me contente de consigner mes dernières mesures.

I. — *Ramollissement cérébral progressif.*

V^{re} Rol. . . , âgée de 79 ans, entrée le 26 mai 1882 à l'infirmerie des Ménages (lit n^o 7).

Athérome généralisé, avec affaiblissement graduel de la mémoire et des facultés psychiques depuis un an environ. Le 11 juin, légère attaque déterminant une hémiplegie droite très incomplète. La malade devient gâteuse et ses facultés intellectuelles diminuent encore. L'alimentation est légère, mais la digestion se fait assez bien.

Examen du sang le 13 juin :

Rotation du nicol	67°48'
Poids correspondant d'hémoglobine	138 ^{gr}

Comme on le voit, la quantité d'hémoglobine n'a pas subi une diminution notable.

II. — *Insuffisance tricuspide consécutive à l'emphysème pulmonaire.*

Coff. . . , âgé de 74 ans, entré le 8 juin 1882 à l'infirmerie de l'hospice des Ménages (lit n^o 24).

Atteint d'un vieil emphysème qui a déjà déterminé des insuffisances tricuspides transitoires. Actuellement, il y a gonflement des veines du cou avec les battements systoliques du pouls vei-

(¹) Ces observations ont été prises dans le service de M. le D^r Quinquaud, à l'hospice des Ménages.

neux vrai; foie hypertrophié, un peu douloureux à la pression, sans battements; cœur affaibli, assez volumineux, sans souffle net. Dyspnée intense; face turgide, cyanosée, avec une teinte subictérique; yeux larmoyants. Anasarque plus accentué aux membres inférieurs qu'aux supérieurs. Pas d'albumine dans les urines. Les fonctions digestives sont affaiblies, mais le malade mange encore 100^{gr} de viande et boit 1^{lit} et demi de lait par jour. Avant les derniers dix jours, cet homme était plutôt un fort mangeur et digérait bien.

Examen du sang le 13 juin :

Rotation du nicol	60°30'
Poids correspondant d'hémoglobine	88 ^{gr}

D'après les renseignements qui précèdent, la diminution de l'hémoglobine peut être mise sur le compte presque exclusif de l'affection cardiopulmonaire.

III. — Lésion mitrale avec asystolie au début.

M. F..., 72 ans, entré à l'infirmerie des Ménages le 15 juin 1882.

Œdème des membres inférieurs, bronchite et œdème pulmonaire dans le tiers inférieur de la poitrine. Amaigrissement, battements cardiaques pénibles. Pouls inégal, irrégulier, ainsi que les battements du cœur. Souffle systolique à la pointe, rien à la base. Hypertrophie du cœur modérée. Pas d'albumine dans les urines. Jusqu'ici, le malade mange peu, mais digère assez bien.

Examen du sang le 16 juin.

Rotation du nicol	68°
Poids correspondant d'hémoglobine	140 ^{gr} , 25

La lésion cardiaque n'a pas donné lieu ici à une diminution sensible de l'hémoglobine.

IV. — Carcinome de l'estomac.

Sallen . . . , âgée de 70 ans, entrée le 12 janvier 1882 à l'infirmerie des Ménages (lit n° 5).

Souffre de l'estomac depuis dix-huit jours; mais la digestion, quoique pénible, s'est toujours faite passablement. Peu de vomissements.

Tumeur stomacale susombilicale, du volume du poing, dyspepsie; enfin coloration jaune-paille caractéristique. Il n'y a jamais eu de vomissements de sang ni de mélæna.

Examen du sang le 13 juin :

Rotation du nicol	54°12'
Poids correspondant d'hémoglobine	55 ^{gr} ,25

Cette altération considérable du sang doit être mise sur le compte de l'affection cancéreuse et des troubles dyspeptiques; toutefois, ces derniers jouent un rôle accessoire, car la malade mange encore et boit 700^{gr} à 800^{gr} de lait par jour.

RÉSUMÉ.

1° L'hémoglobine exerçant son pouvoir absorbant principalement sur une région du spectre bien limitée et très visible, les spectrophotomètres sont supérieurs aux photomètres pour le dosage de la matière colorante dans le sang.

2° La comparaison des divers spectrophotomètres établit la supériorité des spectrophotomètres basés sur l'application des lois de la polarisation et surtout du spectrophotomètre à faisceaux polarisés à angle droit et superposés.

3° L'une quelconque des régions du spectre peut être choisie pour l'étude des variations quantitatives de la matière colorante du sang, mais l'absorption dans les deux bandes noires comprises entre les raies D et E est celle qui présente le plus de fixité et qui se mesure avec le plus d'exactitude; c'est à la bande noire la plus large et voisine du vert que se rapportent mes mesures.

(Un désaccord entre les déterminations effectuées dans

les diverses régions du spectre est l'indice d'une altération de la matière colorante.)

4° L'appareil une fois réglé, sa précision est supérieure à $\frac{1}{30}$; en outre, à cause de la proportionnalité entre l'absorption et la quantité d'hémoglobine, il suffit de mesurer, une fois pour toutes, le pouvoir absorbant d'une hémoglobine pure et titrée; cela fait, un simple calcul de proportion donnera le nombre de grammes d'hémoglobine pure contenus dans 1^{lit} de sang.

5° L'identité des divers sangs et hémoglobines étant établie, une hémoglobine quelconque peut être choisie comme terme de comparaison.

6° Le sang doit être employé frais, c'est-à-dire quelques heures seulement après son extraction, et dans un délai d'autant plus court que la température est plus élevée.

7° Le dosage de l'hémoglobine au moyen du spectrophotomètre se recommande pour les recherches physiologiques et pathologiques; 1^{cc} de sang défibriné suffit; de plus, la grande dilution de la solution employée rend inappréciable l'influence des éléments du sang étrangers à la matière colorante.

QUESTIONS

SUR LES DIFFÉRENTES BRANCHES DES SCIENCES MÉDICALES.

Anatomie et histologie normales. — Articulation du poignet.

Physiologie. — Du goût.

Physique. — Sources diverses d'électricité; emploi de l'électricité dans le traitement des maladies.

Chimie. — De la chaux, de la baryte, de la strontiane et de la magnésie; leur préparation. Caractères distinctifs de leurs dissolutions.

Histoire naturelle. — Des caractères généraux des crustacés; leur classification. Des écrevisses et des concrétions désignées sous le nom d'*yeux d'écrevisses*; des cloportes et des armadilles; des accidents produits par les crustacés alimentaires.

Pathologie externe. — Du tétanos traumatique.

Pathologie interne. — Des paraplégies.

Pathologie générale. — De la convalescence.

Anatomie pathologique. — Anatomie pathologique de la goutte.

Médecine opératoire. — De la résection de la hanche et de ses indications.

Pharmacologie. — Des sirops de mellites et des oxymellites; quels sont leurs différents modes de préparation, de dosage, les altérations qu'ils peuvent subir et les moyens employés pour leur conservation?

Thérapeutique. — De la méthode endermique.

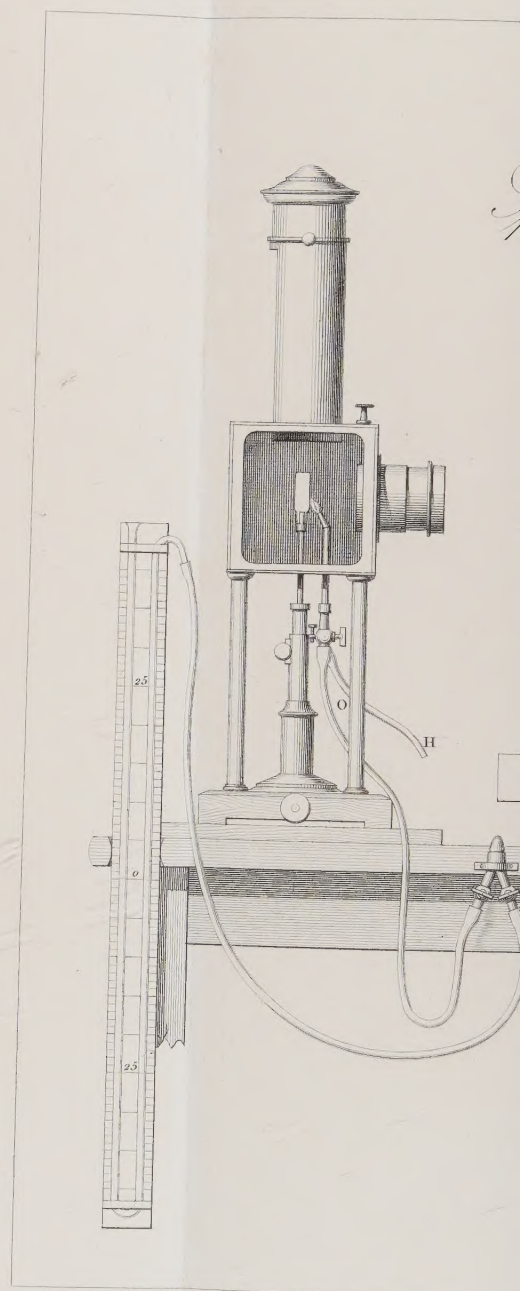
Hygiène. — Du sevrage.

Médecine légale. — Des caractères distinctifs des taches de sang trouvées sur une arme, sur des linges blancs ou colorés, d'avec celles qu'on peut confondre avec elles.

Accouchements. — De l'hydroporrhée.

Vu par le Président de la thèse,
LABOULBÈNE.

Vu, bon et permis d'imprimer,
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD.



J. Blanadet sc^t

Photomètre pour le dosage de l'hémoglobine dans le sang.

